

**Paula Mattila**

## **Karkeasuunnittelun merkitys tuotannonsuunnittelussa**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Tuotantotalouden koulutusohjelma  
Tammikuu 2018**

**TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ**

<b>Centria-ammattikorkeakoulu</b>	<b>Aika</b> Tammikuu 2018	<b>Tekijä/tekijät</b> Paula Mattila
<b>Koulutusohjelma</b> Tuotantotalous		
<b>Työn nimi</b> Karkeasuunnittelun merkitys tuotannonsuunnittelussa		
<b>Työn ohjaaja</b> Heikki Salmela		<b>Sivumäärä</b> 26
<b>Työelämäohjaaja</b>		
<p>Tämä opinnäytetyö on teoriapohjainen selvitystyö karkeasuunnittelusta ja sen merkityksestä tuotannonsuunnittelulle. Tavoitteena oli selvittää, mitä tuotannon karkeasuunnittelu on käytännössä ja mitä vaikutuksia sillä on sekä tuotannonsuunnitteluun että tuotannon toimintaan.</p> <p>Ensin selvitettiin, miten tuotannonsuunnittelu linkittyy yrityksen toiminnanohjaukseen. Tämän jälkeen keskityttiin selvittämään, mitä on tuotannon karkeasuunnittelu, ja mitä karkeasuunnitelma pitää sisällään. Työn lopussa näitä teorioita peilataan käytäntöön. Teoriaosuuden perusteella tehtiin johtopäätös, että ei ole olemassa yhtä hyvää karkeasuunnitelman mallia, vaan karkeasuunnitelma joudutaan aina rakentamaan yrityskohtaisesti, jotta siitä saadaan paras mahdollinen hyöty irti.</p>		
<b>Asiasanat</b> Tuotannonsuunnittelu, karkeasuunnittelu, karkeasuunnitelma		

## ABSTRACT

<b>Centria University of Applied Sciences</b>	<b>Date</b> January 2018	<b>Author</b> Paula Mattila
<b>Degree programme</b> Industrial Management		
<b>Name of thesis</b> The importance of master scheduling of production planning		
<b>Instructor</b> Heikki Salmela		<b>Pages</b> 26
<b>Supervisor</b>		
<p>This thesis is a theory-based study about master production scheduling. The main objective was to find out that what the role of master production scheduling is in sales and operations planning, what the basic MPS tasks are and how the actual master production planning systems work in practice.</p> <p>The beginning of this thesis clarifies the link between production planning and sales and operations planning. After that the focus was on discussing the theory of master production scheduling and solving out that what does the master schedule includes. At the end of thesis these theories were mirrored to the practice. Based on the theoretical part of this thesis a conclusion was drawn that there is no single model of a good master schedule that could be used in every company. The master schedule must to be built for each company separately to get the best possible benefits out of it.</p>		

<b>Key words</b> <b>Production Planning, Master Production Scheduling, Master Schedule</b>
---

## KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

MTS = Make-to-stock = Tuotantomuoto, jossa tuotteet valmistetaan varastoon odottamaan tilauksia.

MTO = Make-to-order = Tuotantomuoto, jossa tuotteet valmistetaan vasta tilauksesta.

ATO = Assembly-to-order = Tuotantomuoto, jossa tuotteet kootaan tilauksesta, eli osat tai alikoonnat ovat valmiina varastossa ja kokoonpano kasataan tilauksen mukaisesti.

FAS = final assembly schedule = pääkokoonpanojen tasolla oleva kokoonpanon aikataulu

S&OP = Sales and operations plan = myynti- ja toimintasuunnitelma eli kokonaissuunnitelma

ATP = Available to promise = luvattavissa oleva / vapaana oleva

PAB = Projected available balance = ennustettu varastotaso

MPS = Master Production Schedule = karkeasuunnittelu

**TIIVISTELMÄ**  
**ABSTRACT**  
**KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY**  
**SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 TOIMINNANOHJAUS .....</b>	<b>2</b>
<b>3 TUOTANNONSUUNNITTELU .....</b>	<b>5</b>
3.1 Kokonaissuunnittelu .....	5
3.2 Karkeasuunnittelu .....	7
3.2.1 Kokonaisaikataulun karkeasuunnittelu .....	9
3.2.2 Resurssien karkea suunnittelu .....	9
3.2.3 Toimituskyvyn karkea suunnittelu .....	10
3.2.4 Karkeasuunnitelma .....	11
3.3 Hienosuunnittelu .....	17
3.4 Tuotannonohjausmenetelmien vaikutus tuotannonsuunnitteluun .....	20
<b>4 POHDINTAA .....</b>	<b>23</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>27</b>
<b>KUVIOT</b>	
KUVIO 1. Tuotannonohjausprosessin vaiheet .....	3
KUVIO 2. Rullaavan suunnittelun periaate .....	3
KUVIO 3. Kuormituspiirros .....	10
KUVIO 4. Karkeasuunnittelun yleiset aikarajat .....	13
KUVIO 5. Suositellut karkeasuunnitelman tasot eri tuotantomuodoilla .....	14
KUVIO 6. Tuotannon ajoittaminen .....	19
<b>TAULUKOT</b>	
TAULUKKO 1. Kysynnän hallintaan vaikuttavia keinoja .....	6
TAULUKKO 2. Karkeasuunnitelman kohdentaminen tuotantostrategian perusteella .....	8
TAULUKKO 3. Karkeasuunnitelman malli .....	11
TAULUKKO 4. Karkeasuunnitelma toimitusaikalupauksella .....	15

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä tuotannonsuunnitteluun ja sen eri toimintoihin, etenkin karkeasuunnitteluun ja sen merkitykseen tuotannonsuunnittelulle. Työssä selvitettiin, kuinka tuotannonsuunnittelua pystyttäisiin parantamaan, jos yrityksessä kehitettäisiin karkeasuunnittelua. Lisäksi selvitettiin, mitä karkeasuunnittelu pitää sisällään, mihin sitä käytetään, ja kuinka tehdään hyvä karkeasuunnitelma.

Työssä käydään ensin läpi organisaation toiminnanohjausta, koska monet varsinaisen tuotannonsuunnittelun ulkopuolella tehtävät päätökset vaikuttavat suoraan tuotannonsuunnitteluun, ja tuotannonsuunnittelu on vain yksi osa organisaation toiminnan suunnittelua. Tuotannonsuunnittelu voidaan käsittää laajempaanakin kokonaisuutena, mutta tässä työssä sitä käsitellään lähinnä valmistuksen suunnittelun näkökulmasta.

Työn tekijä on työelämässään huomannut, että tuotantoa usein ohjataan ja suunnitellaan puutteellisin tiedoin ja tästä syntyikin idea opinnäytetyön aiheeseen. Alkuperäinen oletamus oli, että tuotannonsuunnittelussa oikaistaisiin nimenomaan karkeasuunnittelussa. Tämä tuo ongelmia valmistuksen lisäksi tilausten käsittelyyn, koska tilausta syötettäessä käsittelijöillä ei ole mitään työkalua, jolla tarkistaa, pystytäänkö toivottuun toimitusaikaan, vaan tilaukset joudutaan syöttämään järjestelmään ns. sokkona.

Työssä käsitellään aiheita, jotka ovat merkittävä osa tuotannonsuunnittelua, mutta painopiste työssä on kuitenkin tuotannon karkeasuunnittelussa. Työssä käsitellään asioita pääsääntöisesti valmistavan yrityksen näkökulmasta.

## 2 TOIMINNANOHJAUS

Käsitteellä toiminnanohjaus tarkoitetaan yrityksen koko tilaus-toimitusketjun eri toimintojen ja tehtävien suunnittelua ja hallintaa. Toiminnanohjauksesta puhutaan, koska yrityksen toiminnan hallinta edellyttää tuotannon lisäksi muidenkin toimintojen, kuten myynnin, jakelun, hankintojen jne. ohjausta. Tuotteiden valmistuksen suunnittelusta ja ohjauksesta käytetään nimeä tuotannonohjaus tai valmistuksenohjaus. Toiminnanohjauksen keskeisenä tehtävänä pidetään tilaus-toimitusketjun organisointia siten, että yrityksen tuotannolle asetetut tavoitteet toteutuvat. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 397; Martinsuo, Mäkinen, Suomala & Lyly-Yrjänäinen 2016, 139.)

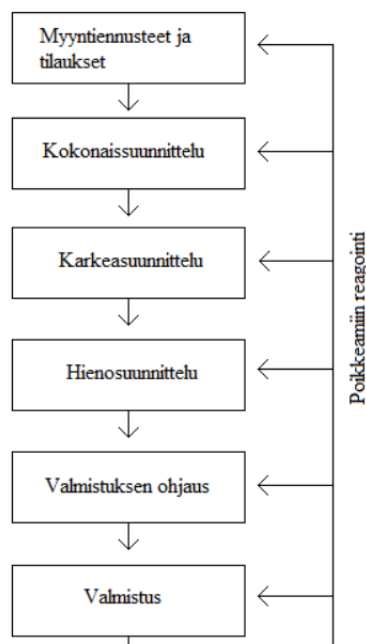
Yrityksen liiketoimintaa tulisikin johtaa kokonaisuutena, yrityksen valitseman strategian, liikeloudellisten periaatteiden ja tavoitteiden pohjalta. Toiminnanohjauksen tehtäviä suositellaan myös jakamaan organisaation eri tasojen kesken:

- Ylin johto keskittyy ohjaukseen tuotantostrategian tasolla
- Keskijohto ja tuotannonsuunnittelu keskittyvät kapasiteetin kohdentamiseen ja karkean tason kuormitukseen ja tuloksiin, eli kysynnän ja tuotannon karkeasuunnitteluun ja seurantaan
- Työnjohto ja tuotannon henkilöstö osallistuvat hienosuunnitteluun eli viikkotasoisen tuotanto-ohjelman määrittelyyn, toteutukseen ja seurantaan. (Martinsuo ym. 2016, 140.)

Tehtävien jakaminen eri organisaatiotasojen kesken onkin varsin järkevää, jotta pystytään hyödyntämään kunkin tason paras näkemys kyseisestä osa-alueesta ja näin ollen saadaan suunnitelmia hiottua mahdollisimman pitäviksi. Esimerkiksi hienokuormitusta tehtäessä ei liene järkevää istuttaa ylintä johtoa pöydän ääreen, koska heillä harvemmin on paras mahdollinen näkemys tuotannon tilanteesta, jotta se pystyisi aikaansaamaan toimivan suunnitelman.

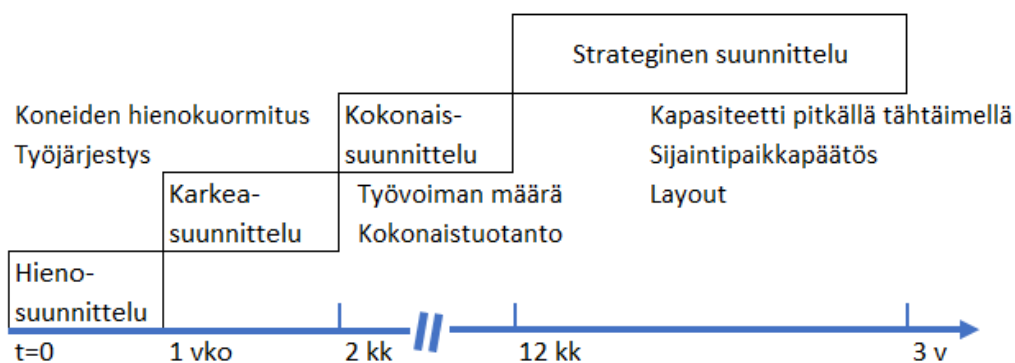
Tehtävien jakamisessa täytyy tietenkin ottaa huomioon yrityksen koko sekä organisaation luonne. Jos yritys on pieni, ei organisaatiotasojakaan ole välttämättä yhtä tai kahta enempää, ja toisekseen on yrityksiä, joissa ylin johto haluaa olla koko ajan ajan tasalla tuotannon tilanteesta ja seuraavat sitä päivätasolla. Siltikään ylimmällä tasolla ei ole tarkoitus tehdä yksityiskohtaisia suunnitelmia, vaan huolehtia yleisellä tasolla resurssien riittävydestä ja toimintojen koordinoimisesta.

Tuotannonohjaus tarkentuu sitä mukaa kun siirrytään lähemmäksi valmistusta. Kuviossa 1 on esitetty tuotannonohjausprosessin yleiset vaiheet. Mitä lähemmäksi valmistusta vaiheissa edetään, sitä suuremmaksi kasvaa myös uudelleensuunnittelun tarve. (Haverila ym. 2005, 409.)



KUVIO 1. Tuotannonohjausprosessin vaiheet (Haverila ym. 2005, 409).

Usein toiminnan suunnittelussa noudatetaan ns. rullaavan suunnittelun periaatetta, jossa alustavaa suunnitelmaa tarkennetaan karkean tuotantosuunnitelman jälkeen vielä yksityiskohtaiseksi hienosuunnitelmaksikin toteutusajankohdan lähestyessä (KUVIO 2). Uusia alustavia suunnitelmia tehdään samanaikaisesti tuleville jaksoille, mutta yksityiskohtainen suunnitelma koskee vain lähimpiä päiviä tai viikkoja, jottei tuotantosuunnitelmaan tarvitsisi tehdä suurempia muutoksia. (Martinsuo ym. 2016, 142)



KUVIO 2. Rullaavan suunnittelun periaate (Martinsuo ym. 2016, 142.)



Haverilan ym. (2005, 411) mukaan ennen uskottiin, että tehokkaalla atk-järjestelmällä varustetun keskitetyn suunnitteluosaston käyttäminen olisi optimaalinen keino yrityksen kaikkien toimintojen ohjaamiseen. Keskitetyn ohjauksen ongelmaksi koettiin kuitenkin sen jäykkyys ja vieraantuminen valmistuksesta. Ohjaus perustui atk-järjestelmien rutiineihin, jotka eivät joustaneet todellisten tarpeiden mukaan. Keskitettyä ohjausta käytetään edelleen ja onnistuneesti organisaatioissa, joiden prosessit ovat selkeitä ja valmistusmäärät suuria. Keskitetty toiminnanohjaus onnistuu parhaiten, kun tapahtumia on vähän ja valmistusprosessit ovat vakiintuneita. (Haverila ym. 2005, 411.)

### 3 TUOTANNONSUUNNITTELU

Tuotannonsuunnitteluksi sanotaan sitä toimintaa, joka ohjaa tuotantoa ja antaa samanaikaisesti perustietoa tuotantomahdollisuuksien arvioimiseksi. Tuotannon kapasiteetin ja kuormituksen ohjaamisen lähtökohtana Martinsuo ym. (2016, 141-142) pitävät tietoa, joka saadaan myyntiennusteista, tilauksista ja tuotantostrategian keskeisistä valinnoista. Lisäksi he kehottavat seuraamaan varastotasojä ja käsittelyssä olevia tarjouksia edellä mainittujen tietojen täydentämiseksi. (Martinsuo ym. 2016, 141-142.)

Pienissä tuotantoyksiköissä ja yksinkertaisissa tuotantoprosesseissa pärjätään yhdellä tai kahdella suunnittelutasolla, mutta isommissa yrityksissä tuotannonsuunnittelu on usein jaettu kolmeen tasoon:

- kokonaissuunnittelu
- karkeasuunnittelu
- hienosuunnittelu

#### 3.1 Kokonaissuunnittelu

Kokonaissuunnittelu tarkoittaa tuotannon kokonaisvolyymien, resurssitarpeen, varastojen ja hankintojen ylimmän tason keskipitkän aikavälin tavoitteiden ja toimenpiteiden suunnittelua. Kokonaissuunnittelun päätehtävänä on varmistaa, että kokonaisvolyymi vastaa tarvetta suunnittelun aikajänteellä ja sen lähtökohtana ovat kysyntäennusteet, todellinen tilauskanta ja varastotilanne. (Martinsuo ym. 2016, 143.)

Ennusteita tarvitaan koska kysyntä muuttuu nopeammin kuin yrityksen tuotantoprosessi kykenee reagoimaan kyseisiin muutoksiin. Markkinoiden ja kilpailun kansainvälistyminen ja nopeat muutokset ovat tehneet ennustamisesta hankalaa ja ennustamisen haasteellisuudesta johtuen monet yritykset ovatkin pyrkineet vähentämään riippuvuutta ennusteista kehittämällä tuotantonsa joustavuutta ja reagointikykyä. (Haverila ym. 2005, 413.)

Kokonaissuunnittelu on osa vuotuista budjetointia, vaikka suunnitelmia joudutaankin tarkentamaan ja muuttamaan budjettikauden aikana. Kokonaissuunnittelun tietoja käytetään karkea- ja

hienosuunnittelun pohjana. Kokonaissuunnittelun toimet voidaan kohdentaa yrityksen ohjausjärjestelmän mukaisesti asiakkaittain, tuoteperheittäin, markkina-alueittain, tuotantoyksiköittäin tai muilla vastaavilla periaatteilla. (Martinsuo ym. 2016, 143.)

Kokonaissuunnittelun tärkeimpien tehtävien joukkoon kuuluu menekinvaihtelun hallinta. Toisin sanoen siis pitäisi kyetä pitämään yrityksen myynti ja tuotanto tasapainossa. (Haverila ym. 2005, 414.) Jos myynti ylittää tuotannon, se laskee asiakaspalvelun tasoa, sekä nostaa kustannuksia (mahdolliset ylityöt ja pikarahdit jne.) ja heikentää laatua (kiire). Toisaalta sekään ei ole hyvä, jos tuotanto ylittää myynnin merkittävästi, sillä se nostaa varastotasojä (varastointikustannukset nousevat ja varastoon sidotun pääoman osuus kasvaa) ja voi johtaa henkilöstön lomautuksiin tuotannon tehokkuuden laskiessa.

Tuotteiden menekki ei ole kuitenkaan koskaan tasaista, vaan menekki vaihtelee eri syistä esim. kausivaihtelusta ja satunnaisvaihtelusta johtuen. Yleensä menekinvaihtelut ovat suurempia kuin kapasiteetin joustavuus, joten yrityksen on suunniteltava ennakolta, miten menekissä tapahtuvat heilahtelut pystytään hallitsemaan. Taulukossa 1 esitetään esimerkkejä erilaisista kysynnän hallinta keinoista. Kysynnän hallinnan lisäksi yrityksessä tarvitaan työkalu, jolla saada ajoissa signaali, jos tuotanto ja myynti ovat menossa epätasapainoon. (Haverila ym. 2005, 414.)

TAULUKKO 1. Kysynnän hallintaan vaikuttavia keinoja (Martinsuo ym. 2016, 145).

	Esimerkkejä	Huom
<b>Resurssijousten käyttö</b>	Henkilöstön palkkaaminen Uudet koneet ja laitteet Ylityö, vuokratyövoima Muut työvuoro- ja työaikajärjestelyt Alihankkijoiden käyttö	Työmarkkinalainsäädäntö (yli-työtä ja työsuhteita koskevat lait) Hitaus, koulutus Työilmapiirivaikutukset kustannusvaikutukset
<b>Tuotteiden varastointi</b>	Varmuusvarastot Varastot asiakkaan tiloissa	Onko varastoitavissa? Varastot sitovat kustannuksia
<b>Toimitusaikamuutokset</b>	Toimituksen viivästyttäminen Toimittamatta jättäminen	Hankintasopimukset ja -laki Riittääkö asiakkaalle? Vaikutukset yrityksen maineeseen? Kilpailutilanne!
<b>Kysyntään vaikuttaminen</b>	Markkinointi, myynninedistäminen Hinnoittelu	Hankintalaki

Kaikilla kapasiteetti- ja tuotantovolyyminvalinnoilla on kustannusvaikutuksia ja erilaisia hyötyjä ja riskejä, joten menekinhallinta keinoja tulee analysoida kunnolla ennen valintaa, sillä eri lähestymistavoilla on erilaiset vaikutukset kannattavuuteen, henkilöstön hyvinvointiin, yrityksen maineeseen ja riskeihin. (Martinsuo ym. 2016, 145)

### 3.2 Karkeasuunnittelu

Karkeasuunnittelu on kokonaissuunnittelua yksityiskohtaisempaa suunnittelua, jossa avoimesta tilauskannasta saaduilla tiedoilla täsmennetään kokonaissuunnittelusta (sales and operations planning, S&OP) saatuja arvioita. Chapmanin (2006, 72) mukaan yksi tapa nähdä karkeasuunnittelun ja kokonaissuunnittelun välinen suhde on se, että kokonaissuunnittelussa luodaan kapasiteettirajoitukset, jotka toimivat karkeasuunnittelun rajoina. Tämän vuoksi karkeasuunnitelman lukujen tulisikin täsmätä S&OP:n lukuihin.

Karkeasuunnittelun tarkoituksena on selvittää yrityksen mahdollisuudet ottaa uusia tilauksia vastaan. Karkeasuunnitteluun tarvitaan tiedot yrityksen nykyisestä ja tulevasta kapasiteetista sekä kuormituksesta. Karkeasuunnittelu perustuukin siis yrityksen avoimeen tilauskantaan, tuotteiden varastotilanteeseen sekä valmistusbudjetin tavoitteisiin. Karkeasuunnittelu on monessa yrityksessä ainut paikka suunnitteluprosessissa, jossa asiakastilaukset otetaan huomioon, ja juuri tämä ominaisuus tekee karkeasuunnitelmasta tärkeän työkalun koko suunnittelu-prosessille. (Mellander 1976, 26)

Karkeasuunnittelu on tyypillisesti prosessi, joka alkaa melko yksityiskohtaisesta tuote-ennusteesta. Siinä toteutuneet asiakastilaukset vähennetään ennustetuista määristä erikseen määritettyjen sääntöjen puitteissa ja tämän vuoksi karkeasuunnittelussa ennusteiden merkitys onkin huomattavasti pienempi kuin kokonaissuunnittelussa. Lisäksi karkeasuunnittelussa todelliset ja ennustetut asiakastilaukset muutetaan tiettyjen sääntöjen puitteissa tuotantotilauksiksi, jotta tilaukset pystytään muuttamaan tuotannon kuormitukseksi. Ennusteiden käyttämisessä suunnittelun lähteenä on olemassa riskinsä, koska jo lähtökohtaisesti tiedetään, että ennusteissa on aina virheitä. Tästä johtuen ennusteita ei läheskään aina käytetä sellaisenaan, vaan yritetään arvioida kuinka väärässä / oikeassa ennusteet ovat. (Chapman 2006, 72.)

Karkeasuunnittelussa kokonaisvolyymien, resurssitarpeiden, varastojen ja hankintojen suunnittelu viedään tuotantoerien tasolle ja tuotantoerien toteutus aikataulutetaan tuotantojärjestelmään. Jos kokonaissuunnitelma on tehty kunnolla, voidaan karkeasuunnittelussa olettaa tarvittavien resurssien olevan saatavilla - ainakin tuotannon kokonaisresurssien. (Martinsuo ym. 2016, 145)

Karkeasuunnittelua tehdään säännöllisesti, yleensä muutaman viikon välein, mutta aikajän-teen pituus riippuu kuitenkin yrityksen tuotantostrategiasta. Esimerkiksi yrityksissä, joissa ti-lauskanta näkyy vain parin viikon päähän, ei karkeasuunnitteluakaan kannata tehdä kovin pit-källä aikajänteellä. Yrityksen tuotantostrategia määrittää myös sen, mihin karkeasuunnittelu kohdistuu eli mitä siinä ajoitetaan. Alla taulukossa 2 esitetään yleiset tuotantostrategiat sekä karkeasuunnitelmien kohdentaminen kyseisissä tuotantostrategioissa.

TAULUKKO 2. Karkeasuunnittelun kohdentaminen tuotantostrategian mukaisesti

Demand Type/ Production strategy	MPS focus
Make-to-stock (MTS)	Scheduling finished goods
Make-to-order (MTO)	Scheduling raw material
Assemble-to-order (ATO)	Scheduling module production

Luonnollisestikaan asia ei ole aivan niin mustavalkoinen kuin yllä olevassa taulukossa on esi-tetty, koska läheskään kaikki yritykset ei ole noin yksipuoleisia tuotantostrategialtaan, vaan yrityksessä voi olla yhtä aikaa sekä MTS-, MTO- että ATO-tuotantoa. Periaatteessa mitä ta-hansa yllä olevista karkeasuunnitelman muodoista voidaankin hyödyntää mihin tahansa tuo-tantomuotoon, mutta yllä on esitetty yleisimmin käytössä olevat tuotantostrategiat ja niissä käy-tetyt karkeasuunnittelun muodot.

Martinsuo ym. (2016, 146) mukaan karkeasuunnittelulla on kolme päätehtävää:

1. Tuotannon kokonaisaikataulun karkeasuunnittelu
2. Resurssien käytön karkeasuunnittelu
3. Toimituskyvyn karkeasuunnittelu

### 3.2.1 Kokonaisaikataulun karkeasuunnittelu

Tuotannon kokonaisaikataulun suunnittelussa tuotantoerät aikataulutetaan tuotantojärjestelmään, ja siinä hyödynnetään tilauksia, ennusteita, varastotasoja ja tuotantokapasiteettia koskevia tietoja sekä tehdään karkea viikoittainen suunnitelma kysynnästä, tuotantovolyymeista ja varastotasojen kehittymisestä. Kokonaisaikataulu jaetaan yleensä joko tuotteittain, tuoteperheittäin, asiakkaittain tai tuotantoyksiköittäin, riippuen yrityksen tuotevolyymista. (Martinsuo ym. 2016, 146.)

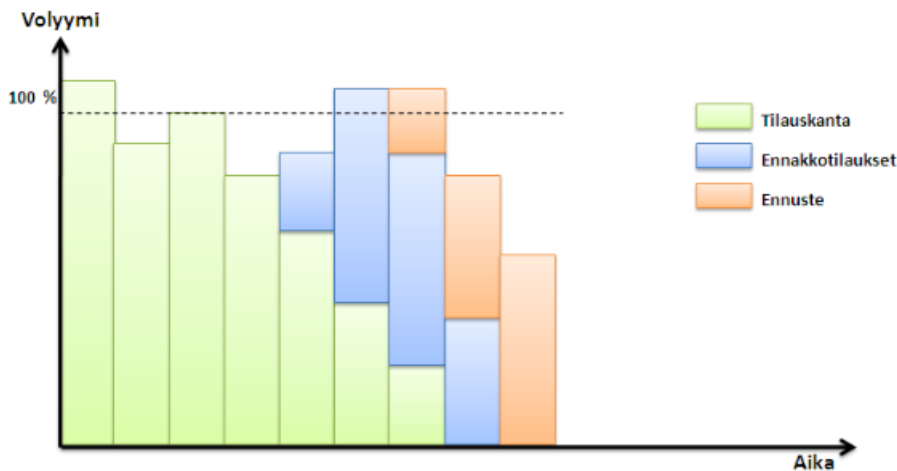
### 3.2.2 Resurssien karkeasuunnittelu

Resurssien käytön suunnittelulla tarkoitetaan tuotantoerien resurssitarpeen arviointia ja päätöksiä resurssien kohdentamisesta. Resurssien käytön suunnittelusta käytetään alan kirjallisuudessa myös nimitystä kuormitus suunnittelu. Tuotannon vaatimat resurssit (sekä henkilö-, kone- että laitekapasiteetti) lasketaan yleisellä tasolla. Karkeasuunnittelun perusteella ei ole tarkoitus ohjata tuotantoa vaan sopeuttaa resurssit kysyntää vastaavalle tasolle. Jos kapasiteetti ei vastaa tuotannon kokonaisaikataulua, joudutaan tekemään päätöksiä kapasiteetin lisäämisestä, vähentämisestä tai aikataulusuunnitelman muuttamisesta. (Martinsuo ym. 2016, 147.)

Valmistuskapasiteetti on aina rajallinen, joten sen kuormituksella on erityinen rooli tuotannon suunnittelussa. Karkeasuunnittelun tuotantoaikataulun on tarkoitus antaa tietoa koneiden, laitteiden ja henkilöiden kuormituksesta tietyillä tuotantoerillä tai tilauksilla, eli tarkoitus on tunnistaa karkea resurssitarve. Suunnitelma tehdään kuormitusryhmittäin eli tietyille laitteille, koneryhmille, osaprosesseille tai verstaille, riippuen siitä, miten yritys on halunnut tuotannon kuormitusta jakaa ja seurata. (Martinsuo ym. 2016, 147.)

Karkeasuunnittelussa ei vielä tarvita kuormituksen yksityiskohtaista tarkastelua, sillä tehtaan kokonaiskapasiteetti, tietyn tuotantolinjan ajo-ohjelma tai verstaan tai koneryhmän kapasiteetti ovat riittävän tarkkoja tähän tarpeeseen. Monesti on järkevää tässä vaiheessa tarkastella etenkin tiettyjä avain- tai pullonkaulakuormitusryhmiä, koska niiden rajattu kapasiteetti rajoittaa ensimmäisenä tuotantomäärää ja toimituskykyä. Karkeasuunnitelman perusteella voidaan tehdä toimitusaikaa, tuotantoerien kokoa ja ajoitusta koskevia päätöksiä. (Martinsuo ym. 2016, 148.)

Kuormitus suunnitelma tai resurssisuunnitelma esitetään yleensä kuormituspiirroksen muodossa (KUVIO 3), jolla kuvataan jonkin kuormitusryhmän kuormaa tarkasteluajanjaksolla. Siinä kuvataan käytettävissä oleva kapasiteetti, aikaisemmin toteutunut kapasiteetin käyttö sekä tulevaisuuteen suunniteltu kuormitus. (Haverila ym. 2005, 417.)



KUVIO 3. Kuormituspiirros

Kuormituspiirroksen avulla suunnitellaan tuotantoa, määritellään toimitusajat sekä tutkitaan kapasiteetin sopeutuksen tarvetta. Karkeakuormituksessa kapasiteettia tarkastellaan yleensä viikon jaksoissa ja tarkasteluajanjaksolta eri työtehtävien kuormitus lasketaan yhteen. Laskennassa ei oteta huomioon töiden mahdollista päällekkäisyyttä, vaan laskenta pohjautuu rajoittamattomaan kapasiteettiin. Karkeakuormituksessa tarkastellaan kapasiteetin yleistä riittävyyttä, joten hetkellinen yli- tai alikapasiteetti ei ole ongelma. Jos kuorma ylittää kapasiteetin koko tarkasteluajanjaksolta, pitäisi harkita korjaavia toimenpiteitä. (Haverila ym. 2005, 417.)

### 3.2.3 Toimituskyvyn karkeasuunnittelu

Karkeasuunnittelun avulla yritys pystyy antamaan nopeasti ja realistisesti toimitusajan asiakkaalle, mikä voi nykyaikana olla merkittävä kilpailuetu yrityksille. Karkeasuunnittelun tärkeimpiä tehtäviä onkin yrityksen toimituskyvyn hallinta. Tilausohjautuvassa tuotannossa tuotteille luvattut aikataulut perustuvat nimenomaan karkeasuunnitelmaan. Varasto-ohjautuvassa tuotan-

nossa karkeasuunnittelussa seurataan varastotasoja ja tilauskannan kehittymistä. Karkeasuunnitelmaa päivitetään säännöllisesti näiden vallitsevan tilanteen mukaiseksi ja toimituskykyä ylläpidetään täydennyserien suunnittelun kautta. (Martinsuo ym. 2016, 149.)

Karkeasuunnittelu edellyttää siis suunniteltavien tuote-erien keskeisten kapasiteetti- ja materiaaltarpeiden määrittelyä. Vakiotuotteiden kohdalla nämä tiedot löytyvät valmiina yrityksen järjestelmästä, ja niiden resurssitarpeiden laskenta on siten helppoa ja tarkkaa. Tilaustuotteet, jotka suunnitellaan osittain tai kokonaan tilauksen perusteella, ovat vaikeimmin hallittavissa. Tarkan suunnitelman toteuttamiseen tarvittavien tietojen hankinta on tällöin vaikeaa tai mahdotonta, ja joudutaan turvautumaan likimääräisiin arvioihin kapasiteetti- ja materiaaltarpeista. (Haverila ym. 2005, 416.)

### 3.2.4 Karkeasuunnitelma

Karkeasuunnitelman avulla pystytään tekemään tarkempia kapasiteetti- ja resurssisuunnitelmia sekä kääntämään asiakastilaukset tehokkaasti ajoitetuiksi tuotantotilauksiksi. Karkeasuunnitelma on lisäksi tehokas työkalu varastointitasojen suunnitteluun, varsinkin valmistuotteiden varastoinnissa. Jokaisella yrityksellä tulisikin olla jokin käytäntö, jonka perusteella asiakastilauksiin annetaan toimitusajat ja vastaavasti asiakastilaukset muunnetaan tuotantosuunnitelmaksi. Tästä käytännöstä voidaan käyttää eri nimiä, mutta siitä huolimatta kyseessä on karkeasuunnitelma. (Chapman 2006, 72.)

Karkeasuunnitelman tulisikin ymmärtää olevan lähinnä tuotannon tilanteen selvitys. Se ei ole selvitys kysynnästä eikä se ole ennuste, vaan tuotannon vastuulla on vastata karkeasuunnitelman vaatimuksiin. Karkeasuunnitelma ottaa huomioon kapasiteetti rajoitukset, tuotannon kustannukset, muut resurssi vaatimukset ja myynti- ja toimintasuunnitelman. Karkeasuunnitelma on aina valmistuksen työkalu, joten sen yksikkö tulee olla kappalemääräinen. Alla taulukossa 3 on yksinkertaistettu esimerkki karkeasuunnitelmasta. (Chapman 2006, 77.)

TAULUKKO 3. Karkeasuunnitelman malli (Chapman 2006, 77).

On hand = 70  
Lot size = 80



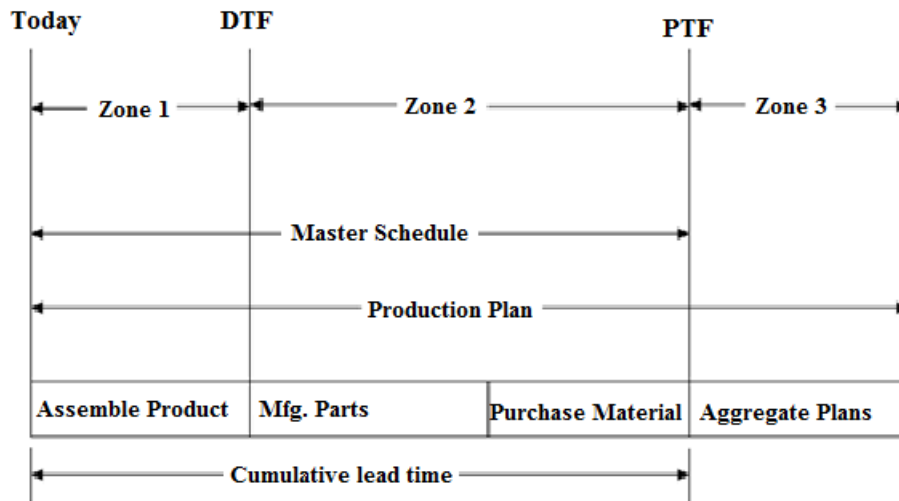
Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Demand	40	50	45	50	50	50	50	50	50	50
Projected Available	30	60	15	45	75	25	55	5	35	65
MPS		80		80	80		80		80	80

Yllä olevan mallin lähtötilanteessa varastossa on siis tuotteita 70 kpl ja ensimmäisen jakson tarve on 40 kpl. Tällöin käytettävissä oleviin jää 30 kpl tämän jakson lopussa. Huomaa, että luvut taulukossa ovat määriä jakson lopussa. Karkeasuunnitelman jaksot voi määrittää päiviksi, viikoiksi, kuukausiksi jne. omaan tuotantoon parhaiten sopivaksi ajanjaksoksi. Jaksolla 2 on ajoitettu tehtäväksi 80 kpl ja tarvetta on 50 kpl eli tuotannosta valmistuu 30 kpl enemmän kuin on tarvetta, joten käytettävissä oleva määrä kasvaa 30 kpl:n verran tämän jakson lopussa. (Chapman 2006, 77.)

Ennusteissa olevien virheiden suunnitteluun aiheuttamien ongelmien pienentämiseksi osa karkeasuunnitelmista jaetaan aikarajoilla (KUVIO 4), joiden tarkoitus on luoda sääntöjä karkeasuunnittelun hallintaan. Kaksi yleisesti käytettyä aikarajaa ovat:

1. Tarveaikaraja (demand time fence, DTF) on karkeasuunnitelmassa lähimpänä nykyisyyttä oleva raja. Karkeasuunnitelman aloituspäivästä tarveaikarajaan olevalla jaksolla ennuste jätetään yleensä kokonaan huomioimatta karkeasuunnitelmaa tehtäessä. Tämän aikaikkunan sisällä karkeasuunnitelma perustuu siis vain ns. oikeaan tarpeeseen eli sisässä oleviin tilauksiin. Joissain yrityksissä tuotantosuunnitelma ns. jäädytetään tarveaikaikkunan aikajaksolta, eli sille välille ei tehdä määrää tai ajoitus muutoksia tuotantosuunnitelmaan paitsi hätätapauksissa. (Chapman 2006, 75.)

2. Suunnitteluajikaraja (Planning time fence, PTF) tulisi asentaa hieman tuotteen kumulatiivista toimitusaikaa pidemmälle. Tämän aikarajan jälkeen tuotannolla on yleensä riittävästi aikaa reagoida uusiin tilauksiin ja muihinkin määrä- ja ajoitusmuutoksiin, joten sinne tulevia tarpeita ei yleensä enää ajoiteta erikseen, vaan tilaukset syötetään tilauskantaan toivotusti. Tämän vuoksi osassa yrityksistä tämän aikarajan jälkeen tulevia tilauksia ei enää suunnitella erikseen, vaan tietokone saa hoitaa niiden ajoittamisen. (Chapman 2006, 75.)



KUVIO 4. Karkeasuunnitelman yleiset aikarajat

Tarve- ja suunnittelu-aikarajojen väliin jäävällä jaksolla yrityksellä voi olla aikaa reagoida tilauksiin pienin tavoin eli sekä ajoitusta että määrää pystytään yleensä muuttamaan ainakin jonkin verran. Tätä jaksoa kutsutaan myös nimellä Joustava, koska tämän jakson sisällä yrityksillä on mahdollisuus osoittaa asiakkaille olevansa joustavia ja yhteistyöhaluisia. Tällä ajanjaksolla ei välttämättä ole vapaata kapasiteettia odottamassa lisää tilauksia, mutta tällöin on vielä aikaa muutoksiin, esim. siirretään yhtä tilausta eteenpäin, jotta toinen saadaan aikaisemmin. Näistä muutoksista tulee tietysti sopia asiakkaan kanssa yhteistyössä, jos halutaan säilyttää hyvä asiakaspalvelun taso. (Chapman 2006, 75.)

Pääsääntö muutoksiin tarve- ja suunnittelu-aikarajojen välissä on, että mitä lähempänä nykyisyyttä ollaan, sitä vähemmän suunnitelmasta pystytään joustamaan aiheuttamatta ongelmia tuotannolle. Muutokset voivat olla rajoitettuja myös ostokomponenttien riittämättömän hankinta-ajan vuoksi eivätkä niinkään yrityksen oman tuotannon vuoksi. Vaikka karkeasuunnitelmaan tehtyjen muutosten tulisi olla huolellisesti arvioituja, karkeasuunnitelma voi olla myös hyvä työkalu what if -skenaarioiden arvioimiseen (Chapman 2006, 88).

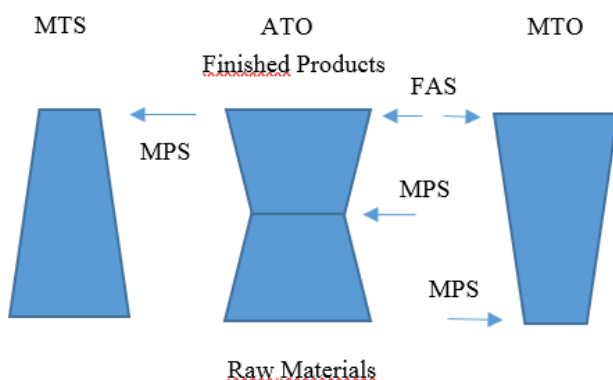
Kuten jo luvussa 3.2 kävi ilmi, karkeasuunnitelma voidaan fokusoida eri asioihin riippuen tuotannon strategiasta. Käydään nyt hieman läpi näiden kolmen tuotantomuodon erityisominaisuuksia karkeasuunnitelman tasolla: MTS (make-to-stock), MTO (make-to-order) ja ATO (assembly-to-order)

- MTS: Karkeasuunnitelmassa käytetään valmistustuotteiden koodeja, mutta tuotteet yleensä ryhmitellään esim. mallisarjojen, tuoteperheiden jne. mukaisesti. Karkeasuunnitelmaa

käytetään sekä varastotasojen seurantaan, että valmistuksen ohjaamiseen. Sitä vastoin karkeasuunnitelmaa ei käytetä tilausten toimitusaikalupausten tekemiseen, koska tuotteet toimitetaan suoraan varastosta, eli niitä tulisi aina olla saatavilla.

- MTO: Jos tuotteet myös suunnitellaan tilauksesta, toimitusajat ovat yleensä sen verran pitkiä, että karkeasuunnitelma voidaan tehdä lopputuotteiden koodeilla ja asiakastilausten perusteella. Usein karkeasuunnitelma on MTO-tuotannossa raaka-aine tasolla, koska raaka-aineita on yleensä suhteellisen vähän ja lopputuotekoodeja voi olla rajattomasti. Karkeasuunnitelma heijastaa kapasiteetti- ja materiaalitytarpeita.
- ATO: Tässä tuotantomuodossa on yleensä komponentit tai alikokoonpanot varastoitavia, eli tuotteet vain kootaan tilauksesta. Tässä tuotantomuodossa on karkeasuunnitelman yleensä alikoonta- tai komponenttitasolla, eli myytävät nimikkeet puretaan tuoterakenteiksi ja niissä olevat eri komponenttivalikoimat ovat karkeasuunnitelman perusta. Alukokoonpanon ja komponentteille lasketaan prosenttiosuudet menekistä (eli millä todennäköisyydellä kyseistä komponenttia tullaan tarvitsemaan, tähän lukuun vaikuttaa sekä komponentin yleisyys päänimikkeissä, että päänimikkeiden menekki) ja varastotasot määritetään niiden perusteella. Jos karkeasuunnitelma tehdään alikoonta- / komponentti tasolla, niin tuotannon ohjaamiseen tarvitaan erillinen FAS (final assembly schedule). (Chapman 2006, 78.)

Karkeasuunnitelman lähestymistapa ei kuitenkaan ole sidottu näihin tuotantomuotoihin, vaan yritys voi valita itselleen toimivimman mallin tuotantomuodosta huolimatta. Suosituksena kuitenkin on, että karkeasuunnitelma tehtäisiin tasolle, jossa on vähiten aikataulutettavia nimikkeitä (KUVIO 5). (Chapman 2006, 80.)



KUVIO 5. Suositellut karkeasuunnitelman tasot eri tuotantomuodoilla (Chapman 2006, 80).

Joissain ATO-tuotantomuodon yrityksissä on käytössä kaksitasoinen karkeasuunnitelma, jolloin suunnitelmaa tehdään sekä loppukokoonpano- että alikokoonpanotasolla. Tällöin ns. päätasolla on ennusteet loppukokoonpanojen tasolla, mutta ne muutetaan tarpeeksi alikokoonpano-komponenttitasolle (prosenttiosuuksien mukaisesti) ja tuotannon tekeminen suunnitellaan tällä ns. ala-tasolla. (Chapman 2006, 85.)

Yksi karkeasuunnitelman eduista on sen hyödyntäminen toimitusaikalupausten antamisessa ja laskemisessa. Alla olevassa taulukossa 4 on esimerkki siitä, kuinka luvattavissa/vapaana olevan varaston määrä lasketaan karkeasuunnitelmalla.

#### TAULUKKO 4. Karkeasuunnitelma toimitusaikalupauksella

Product: A

Lead time: 2 wks

Lot size: 60

On-hand: 56

Demand Time Fence: 2 wks

Period	1	2	3	4	5	6	7	8
Forecast	22	25	20	20	18	18	32	30
Customer Orders	24	23	17	22	15	14	17	16
Porj. Avail. Bal.	32	9	49	27	9	51	19	49
Avail. To Promise	9		6			29		
MPS			60			60		60

Tämä malli on jo hieman informatiivisempi kuin aikaisemmat, eli käytössä on ennusteet, avoin tilauskanta, käytettävissä oleva määrä, Available-to-promise (luvattavissa oleva) sekä MPS-lukemat (master-production-schedule). Yllä olevan karkeasuunnitelman tarveaikaikkuna (DTF-ikkuna) on määritetty kahdeksi viikoksi eli näiden kahden ensimmäisen viikon kohdalla ennustetta ei oteta huomioon, vaan käytettävissä oleva määrä lasketaan pelkästään sisässä olevien tilausten mukaisesti. Toisekseen DTF-ajan jälkeen (DTF-PTF -välissä) ennustettu varastotaso kannattaa laskea ennusteesta tai tilauskannasta sillä, jonka tarve on isompi (jos ennuste on isompi kuin avoin tilauskanta, tilauksia voi vielä tulla tälle aikavälille, ja jos taas tilauskanta on isompi kuin ennuste, ennuste on selvästikin ollut virheellinen) (Chapman 2006, 81.)

Yllä olevassa taulukossa 4 ATP-luku perustuu siis varastossa olevaan määrään, mutta siinä otetaan huomioon avoin tilauskanta siihen asti, kunnes varastoon on tulossa täydennystä. Eli tässä tapauksessa  $56 \text{ kpl} - (24+23) = 9 \text{ kpl}$ . Varastossa on siis vapaana 9 kpl tuotteita viikolla

1, koska viikon 2 tilauksiin on jo varattu 23 kpl viikon 1 käytettävissä olevasta määrästä. Vastaavasti viikolla 3 valmistuvasta määrästä vähennetään tulevien viikkojen tilauskanta, kunnes varastoon tulee taas täydennystä, koska nyt valmistuvien tuotteiden tulee riittää sinne asti. Erotuksena saadaan viikolla 3 vapaaksi jäävä kappalemäärä. ATP-luku lasketaan siis aina avoimesta tilauskannasta, eikä ennustetuista määristä (Chapman 2006, 81).

ATP-laskentaan ei yleensä käytetä MTS-tuotannoissa, koska siinä tuotteet toimitetaan suoraan varastosta. Eli jos tuotteiden varastointi on suunniteltu huolella, ei ATP-laskennassa ole järkeä, koska tuotteita on aina saatavilla. Toisaalta ATP:tä ei käytetä myöskään MTO-tuotannossa, jos toimitusaika ei ole ongelma yrityksen kilpailukyvyille, mutta ATO-tuotannossa ATP voi olla arvokas etu. ATP:n avulla asiakkaalle pystytään välittömästi kertomaan, voidaanko tilaus toimittaa toivotusti. Useimmat asiakkaat kuulevat tässä vaiheessa mieluummin huonot uutiset kuin lupauksen, jota ei pystytä pitämään. (Chapman 2006, 80-83.)

ATP-luku voi olla myös negatiivinen, ja tällöin asiakkaalle luvatut tilausmäärät ylittävät suunnitellun tuotannon. Tällainen tilanne pitää ratkaista mahdollisimman pian. Ensin käydään läpi ATP kyseiseltä ajanjaksolta taaksepäin, kunnes taso on positiivinen ja tarkistetaan, voidaanko kysyntää täyttää. Jos ATP:stä ei löydy apua, täytyy arvioida tuotantomäärien noston toteutettavuus tai uudelleen neuvotella asiakkaan kanssa tarpepäivistä. (Chapman 2006, 83.)

Yksi syy karkeasuunnitelman kehittämiseen on ollut se, että on haluttu seurata ennustetun varastotason kehitystä ja estää tilanteet, joissa se menee miinukselle. Ennustettu varastotaso on yllä olevassa taulukossa 4 arvo Proj.Avail.Bal. eli projected available balance. Jos karkeasuunnitelman ennustettu varastotaso on negatiivinen, se viittaa epäpätevään tuotannon-suunnitteluun (Chapman 2006, 81).

Chapman (2006, 87) korostaakin sitä, että karkeasuunnitelman tulee olla realistinen ollakseen oikeasti tehokas työkalu. Jos suunnitelmasta jäädään jälkeen ja suunnitelmaa ei päivitetä, vaan "rullataan" vain suunnitelman mukaisesti eteenpäin välittämättä sen vaikutuksista kapasiteettiin jne., saadaan aikaiseksi ns. ylikuormitettu karkeasuunnitelma, joka on enemmän optimistinen unelma kuin toimiva työkalu. Onkin tärkeää, että jos jättämää on päässyt syntymään, niin koko suunnitelma pitää päivittää. Näin tuotanto saa aikaa ja resursseja ottaa jättämän kiinni.

Muuten jättämä kulkee vain mukana viikosta toiseen. (Chapman 2006, 87.) Merkittävää jättämää määrää pidetäänkin merkinä huonosti toteutetusta tuotannonsuunnittelusta ja -ohjauksesta.

Karkeasuunnitelma kannattaa suunnitella huolella, jotta siitä saadaan oikeasti tehokas työkalu. Onnistuneen karkeasuunnitelman edellytyksenä voidaan pitää sekä PAB- että ATP-lukujen käyttämistä suunnitelmassa. Lisäksi karkeasuunnitelman tietojen lähteenä tulisi olla vain yksi tietokanta, josta kaikki tarvittavat tiedot löytyvät ja niitä päivitetään ja ylläpidetään säännöllisesti. (Vollmann, Whybark & Jacobs 2005, 161.)

### 3.3 Hienosuunnittelu

Hienosuunnittelun tarkoituksena on valmistuksen yksityiskohtaisen tuotantosuunnitelman tekeminen valmistuksen tuotantoerien, työvaiheiden ajoituksen, resurssien käytön ja tuotantoerien valmistumisajankohdan määrittämiseksi. Hienosuunnittelun lähtökohtana on karkeasuunnittelussa tehty tuotantoerien karkea ajoitus, ja sen tuloksena syntyy tarkka tuotantosuunnitelma, jonka perusteella tuotteet valmistetaan. (Haverila ym. 2005, 417.)

Hienosuunnittelun tavoitteena voidaan pitää hyvää toimitusvarmuutta ja korkeaa tuottavuutta. Hienosuunnittelussa eri tahoilta saatujen perustietojen avulla tehdään suunnitelmat taloudellisesta valmistamisesta siten, että laaditut suunnitelmat ja luvatut toimitusajat pystyttäisiin pitämään. Varsinainen hienosuunnittelutyö tarkoittaa Mellanderin (1976, 55) mukaan valmistuksen ohjausta ”lattialla” siten, että:

- Luvatut toimitusajat pidetään
- Karkeasuunnittelun valmistussuunnitelmaa seurataan
- Materiaali, varusteet ja tarvittava kapasiteetti ovat käytettävissä oikeaan aikaan
- Työllisyys pidetään mahdollisimman tasaisena
- Keskeneräisten töiden ja varastojen kustannukset sopeutetaan sopivalle tasolle (Mellander 1976, 55)

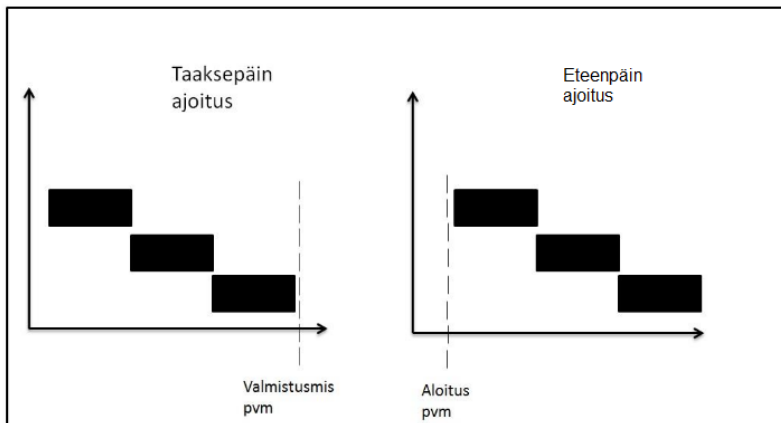
Yksi hienosuunnittelun tärkeimmistä tehtävistä on mielestäni huolehtia myös siitä, että häiriötilanteessa ryhdytään viipymättä sellaisiin toimenpiteisiin, että häiriöt vähenevät ja jo syntyneiden vahinkojen seuraukset jäisivät mahdollisimman pieniksi. Hienosuunnittelussa on Martinsuo ym. (2016, 149) mukaan joitain yleisiä peruseriaatteita, joita kannattaa noudattaa, esim:

- Asetusaikojen ja -kustannusten minimointi
- Resurssikapeikkojen kuormituksen maksimointi
- Tuote-erän ajoitus vaihe aikojen ja odotetun valmistumisajan perusteella
- Arvovirran suuntainen ohjaus
- Tietojärjestelmät ja visuaaliset keinot hienosuunnittelun tukena
- Optimointi (Martinsuo ym. 2016, 149)

Tuotantojärjestelmässä laitteisto edellyttää yleensä asetusajoja siirryttäessä yhden tuotetyypin valmistuksesta toiseen tuotetyyppiin. Aseteajoja saadaan lyhennettyä yhdistelemällä tuotantoeriä, mutta tällöin saattaa toimitusaika pidentyä. Hienosuunnittelussa on tarkoitus löytää optimaalinen tuotantojärjestys, joka minimoisi aseteajat, mutta säilyttäisi toimitusajan mahdollisimman lyhyenä. (Martinsuo ym. 2016, 149.)

Tuotantoprosesseissa on aina joitakin resurssikapeikkoja eli kapasiteettirajoitteita, jotka säätelevät kokonaiskapasiteettia. Hienosuunnittelussa tulisi pyrkiä näiden kapeikkojen mahdollisimman korkeaan kuormitusasteeseen ja varmistaa, että muut työvaiheet eivät estäisi pullonkaulojen korkeaa kuormitusta. (Martinsuo ym. 2016, 149)

Tuote-erien ajoitukseen tarvitaan tietoa siitä, kuinka kauan menee tuotteen valmistamiseen (sekä arvoa tuottava työaika, että kuljetukseen, odotuksiin jne. kuluva aika) ja milloin tuotteen tulisi olla valmis. Ajoitus voidaan tehdä joko aloituksesta eteenpäin tai valmistumisesta taaksepäin, riippuen käytettävissä olevista tiedoista (KUVIO 6). Jos esimerkiksi materiaali on määräävä tekijä ja sille tiedetään saapumispäivä, ajoitus voidaan tehdä tuosta materiaalin saapumisesta eteenpäin. Toisaalta jos asiakkaan toivoma toimituspäivä on määräävä tekijä, tilaus ajoitetaan toivotusta toimituspäivästä taakse päin. (Martinsuo ym. 2016, 150)



KUVIO 6. Tuotannon ajoittaminen

Martinsuon ym. (2016, 150) mukaan hienosuunnittelussa tulisi muistaa, että tuotantojärjestelmä suuntautuu asiakkaalle ja liiketoimintaan syntyvän arvon tuottamiseen. Perinteisesti arvovirtaa on ohjattu työntöohjauksella eli siinä niin sanotusti ”työnnetään” aikataulutettu tuotantoerä tuotantoprosessin läpi, mutta työntöohjaus on osoittautunut sitä hankalammaksi toteuttaa mitä monimutkaisempi tuotantojärjestelmä on kyseessä. Tämä johtuu siitä, että täsmällinen suunnittelu on mahdotonta ja valmistusprosessiin voi tulla häiriöitä ja poikkeamia sekä syntyä varastoja. (Martinsuo ym. 2016, 150)

Viime vuosikymmenien aikana hienosuunnitteluun on kehitetty monenlaisia apuvälineitä yksityiskohtaisen aikataulu- ja resurssisuunnittelun helpottamiseksi. Yksinkertaisimmillaan tuotantojonoa voidaan visualisoida graafisin kuvin ja tauluin. Tavanomaisissa toiminnanohjausjärjestelmissä on nykyään keskeisellä sijalla aikataulutus, jota käytetään laitekohtaisen, yksityiskohtaisen työsuunnitelman tekemiseen. (Martinsuo ym. 2016, 151)

Optimoinnin tarkoitus on saavuttaa paras mahdollinen lopputulos keskenään mahdollisesti ristiriitaisista tavoitteista. Osa edellä mainituista periaatteista saattaa olla keskenään ristiriidassa, kun kokonaisuus otetaan huomioon, mutta näistä pitäisikin löytää paras mahdollinen kombinaatio kullekin yritykselle. Lisäksi epävarmassa toimintaympäristössä tapahtuu muutoksia ja päätöksiin vaikuttavat myös vaikeasti ennakoitavat asiat, kuten strategisesti tärkeiden asiakkaiden tilausten käsittely eri lailla kuin satunnaisesti tilaavien asiakkaiden tilaukset. Tämän vuoksi kehitellään matemaattisia malleja ja toiminnanohjausjärjestelmiä, joilla pystytään tukemaan tuotannonsuunnittelijan päätöksentekoa tietyissä tilanteissa ja lisäksi otetaan huomioon



päätöksentekijän oma subjektiivinen arviointikyky. Olisikin hyödyllistä, jos tuotannonsuunnittelija pystyisi hyödyntämään tuotantojärjestelmää ajantasaisesti kuvastavaa tilannetta ja simuloimaan sen perusteella vaihtoehtoisten päätösten vaikutusta mahdollisimman tarkasti. (Martinsuo ym. 2016, 151)

Hienosuunnittelua seuraava vaihe on yleensä valmistuksen ohjaaminen. Siinä hienosuunnittelussa tuotettu tieto tuotannon aikatauluista viedään vieläkin yksityiskohtaisemmalle tasolle, jotta tuotannon henkilökunta tietäisi, mitä kulloinkin tulisi tehdä. Valmistuksen ohjaukseen kuuluu työn suorittamisen yksityiskohtien suunnittelu, työnjakelu, työtehtävien ohjaaminen, valvonta ja raportointi. (Haverila ym. 2005, 425.)

### **3.4 Tuotannonohjausmenetelmien vaikutus tuotannonsuunnitteluun**

Edellisessä kappaleessa sivuttiinkin jo lyhyesti yrityksen valmistusstrategiaa ja valmistuksen ohjausta, mutta perehdytään siihen vielä hieman tarkemmin, vaikkakin suunnittelun näkökulmasta. Yksi merkittävästi tuotannonsuunnitteluun ja -ohjaukseen vaikuttava asia on nimittäin yrityksen valitsema(t) tuotannonohjauksen menetelmä(t). Käytännössä näitä on kaksi: imuohjaus ja työntöohjaus.

Työntöohjaus on ollut käytetyin ohjausmenetelmä ja sen on katsottu olevan soveltuva menetelmä kaikkiin tuotantomuotoihin. Työntöohjaus tarkoittaa sitä, että erillinen suunnittelija tai suunnitteluorganisaatio tekee valmistussuunnitelman, jolla ohjataan ja koordinoidaan eri valmistuksen tehtäviä ja ”työnnetään” tuotantoerä tuotannosta läpi. (Haverila ym. 2005, 422.)

Nykyisin kuitenkin tiedostetaan, että työntöohjaus ei oikein sovellu monimutkaisten ja laajojen valmistusketjujen ohjaukseen. Ongelmat konkretisoituvat yleensä valmistustilanteen ja suunnitelman välisinä ristiriitoina, jolloin suunnitelmat eivät vastaa todellisuutta tai toisaalta valmistuksessa ei pystytä toteuttamaan suunnitelmaa. Pitkissä valmistusketjuissa tämä voi johtaa välivarastojen muodostumiseen, kun suunnittelun ja valmistuksen ongelmia yritetään paikata vaiheiden välisillä varastoilla. Nämä varastot kuitenkin vain vaikeuttavat entisestään valmistuksen suunnittelua ja hallintaa, koska hallittavien asioiden määrä välivarastojen myötä lisääntyy ja tuotteiden läpäisyajat pitenevät. Työntöohjaus on kuitenkin hyvä suunnittelumenetelmä sel-

laisenaan, mutta sen onnistunut käyttö edellyttää yritykseltä selkeää ja hallittavissa olevaa valmistusprosessia. Lisäksi tuotteiden laatu ja toiminnan kurinalaisuus ovat merkittäviä asioita työntöohjauksen onnistumisen kannalta. (Haverila ym. 2005, 422.)

Imuohjaus puolestaan tarkoittaa sitä, että tuotteita ja osia valmistetaan ainoastaan todelliseen tarpeeseen, eli osia ns. "imetään" kokoonpanoon tarpeen mukaisesti. Tarveimpulssit etenevät imuohjauksessa lopusta alkuun päin. Käytännössä imuohjaus toteutetaan pienten, nopeasti kiertävien välivarastojen avulla. Tilausimpulssi syntyy, kun osia käytetään tästä välivarastosta eli imuohjauspuskurista. Tilausimpulssi voidaan välittää imuohjauskortin eli kanbanin avulla. Myös tyhjä kuljetuslaatikko, joka palaa kokoonpanosta valmistusosastolle, voi vastaavasti toimia valmistusimpulssina. (Haverila ym. 2005, 422.)

Imuohjaus soveltuu parhaiten ns. vakiotuotantoon, jossa osilla ja materiaaleilla on suhteellisen tasainen menekki, koska muuten toimivien imuohjauspuskureiden rakentaminen on mahdollonta. Lisäksi imuohjaus edellyttää valmistukselta lyhyttä läpimenoaikaa ja virheetöntä laatua, koska yhdenkin työvaiheen ongelmat voivat pysäyttää koko tuotantoprosessin. Imuohjausperiaatteesta on olemassa monia eri sovelluksia, ja sitä voidaan käyttää esim. toimittajien ja omien osavalmistusosastojen ohjauksessa. Yksi syy imuohjauksen käyttämiseen on sen toimintavarmuus; materiaalikirjanpidon virheet tai ongelmat valmistuksen ohjauksessa eivät häiritse imuohjausjärjestelmää. (Haverila ym. 2005, 423.)

Imuohjausta käyttävistä tuotantostrategioista tunnetuimmat ovat JIT (Just-In-Time) ja Lean. JIT:n perusajatuksena on selkeä tuotanto, jossa on tehokkaasti ja selkeästi järjestetyt materiaalivirrat ja tuotannonohjaus. Sillä pyritään poistamaan prosessista epävarmuutta, joka aiheuttaa hukkaa kuten varmuusvarastot. Leanin perusajatuksena puolestaan on parantaa tuotannon virtaustehokkuutta karsimalla kaikki tehottomuuden eli hukan muodot tuotannosta, eli esimerkiksi työvaiheet, jotka eivät lisää tuotteeseen arvoa. Näissä molemmissa tuotantostrategioissa korostetaan tuotannon virtaustehokkuutta perinteisen resurssitehokkuuden sijaan, vaikkakin virtaustehokkuutta parantamalla pystytään samalla parantamaan yrityksen resurssitehokkuutta. (Modig & Åhlström 2016; Vollmann ym. 2005, 247-250.)

Puhtaassa Lean-tuotannossa ei lattialla käytetä aikatauluja, vaan tuotanto on täysin reaktiivinen. Silti näissäkin yrityksissä tehdään S&OP, karkeasuunnitelma sekä FAS, joiden pohjalta

tuotantoa suunnitellaan ja ohjataan. Nämä työkalut ovat pohja resurssien suunnittelulle ja niiden tärkeys Lean-tuotantojärjestelmässä on suuri, kun tarvitaan tietoa oikeasta määrästä oikeita resursseja, jotta pystytään valmistamaan, mitä tarvitaan. Lisäksi Lean-tuotantojärjestelmässä käytetään karkeasuunnitelmaa prosessin kysynnän tasaamisessa, vaikka valmistusta ei periaatteessa ohjatakaan sen perusteella. (Chapman 2006, 215-216.)

JIT-strategian vaikutukset kasvavat siirryttäessä tuotannonohjausprosessissa alaspäin (KU-VIO 1). Toisin sanoen vaikutukset suunnittelussa ovat huomattavasti pienempiä kuin vaikutukset lattialla. Tuotannonohjausprosessi on kuitenkin sama kuin ns. normaali tuotannossakin. JIT-strategiaa käyttävissä yrityksissä suunnittelun painotus on kuitenkin lopputuotteissa ja yksittäisten toimintojen ja komponenttien suunnittelu on vähemmän tärkeää. (Vollmann ym. 2005.)

Tehtaissa, joita ohjataan työntöohjauksella, voidaan käyttää imuohjausta esim. vakio-osien tai osakokoonpanojen ohjauksessa. Tällöin työntöohjauksella suunnitellaan koko tilauksen aikataulu ja tilauskohtaiset valmistuksen tehtävät, kun taas kokoonpanoihin menevät vakio-osat ohjataan imuohjauksella. (Haverila ym. 2005, 423.) Yhden toimintatavan käyttäminen ei siis sulje toista pois, vaan täytyy löytää oman yrityksen tuotantoon parhaiten sopiva kombinaatio ohjaustapojen käyttöön.

Alan vanhemmissa teoksissa tuotannon valmistuksen ohjaaminen sisällytetään vielä hienosuunnitteluun, mutta uudemmissa se on jo erillinen osa yrityksen toiminnan ohjaamisprosessia. Koska tämän työn tarkoitus on nimenomaan keskittyä tuotannon *suunnitteluun*, en käsittele valmistuksen ohjaamista erikseen tämän enempää.

## 4 POHDINTAA

Aloittaessani materiaaliin tutustumisen minulla oli jonkinlainen käsitys siitä, mitä karkeasuunnittelu pitää sisällään ja mitä suunnittelun kehittäminen voisi olla, mutta ajattelin lähinnä pelkkää valmistuksen suunnittelua. Tiesin kyllä, että kokonaissuunnittelussa luodaan ns. pelisäännöt karkeasuunnittelulle, mutta en ajatellut, että karkeasuunnittelun ongelmat voisivat juontaa kokonaissuunnittelun viestinnän heikkoudesta. Eli jos yrityksessä tehdään S&OP, mutta sen sisällöstä ei kerrota muille suunnittelun tasoille, miten nämä ”alemmat portaat” suunnittelijat pystyisivät noudattamaan alkuperäistä suunnitelmaa? Kannattaa siis kiinnittää huomiota sisäiseen viestintään suunnitteluorganisaation eri tasojen välillä.

Toimitusaika on nykyään suuri kilpailuvaltti, joka vain korostuu JIT- JA LEAN-tuotantostrategioiden myötä, joissa yritykset pyrkivät minimoimaan omat varastot ja tuotteet valmistetaan ja ostetaan vain tarpeeseen. Toimitusvarmuus on toinen erittäin merkittävä kilpailutekijä ja yksi yleisimmistä syistä toimittajavaihdoksiin. Näihin molempiin voidaan saada helpotusta kehittämällä yrityksen tuotannon karkeasuunnittelua.

Karkeasuunnitteluun panostamisella pystyttäisiin luomaan yritykselle työkalu pitävämpien toimitusaikalupausten antamiseen. Kaikissa yrityksissä on varmasti jonkinlaiset edellytykset karkeasuunnitelman tekemiselle, mutta sen kehittäminen ”huippuunsa” voi vaatia ohjelmistopäivitystä tms. työkalun kehittämistä, jolla pystytään koostamaan tarvittavat tiedot haluttuun muotoon.

Yksi tärkeä osa onnistunutta karkeasuunnittelua oli materiaalien mukaan se, että kaikki tarvittava data on saatavilla yhdessä tietokannassa. Tämän merkitys korostuu karkeasuunnittelutoiminnan ylläpitämisessä. Jos tiedot joudutaan joka päivitykseen kaivamaan useasta eri lähteestä, käy hyvin nopeasti niin, että päivityksistä tulee satunnaisia ja ennen pitkää ne jäävät kokonaan tekemättä. Jotta käytännöstä saadaan jatkuvaa, pitää tietojen olla helposti päivitettävissä ja saatavilla.

Läheskään aina kaikki tarvittavat tiedot eivät yrityksissä ole yhdessä tietokannassa ja tällöin olisikin syytä miettiä, miten tarvittava data sitten saataisiin koottua eli miten asiakasennusteet,

avoin tilauskanta ja tuoterakenteilta saatavat tuotteiden valmistusajat jne. tiedot saadaan koostettua karkeasuunnitelmaksi. On pohdittava, kannattaisiko perustaa oma erillinen tietokanta, jossa näitä tietoja ylläpidetään vai olisiko jopa tarvetta päivittää käyttöjärjestelmä nykyaikaisempaan, jolloin kaikki nämä tarvittavat tiedot saataisiin suoraan yrityksen käyttöjärjestelmästä. Tämä olisi tietenkin ihanteellinen tilanne, jolloin ei tarvitsisi tehdä ns. turhaa työtä ylläpitämällä erillistä tietokantaa suunnittelun pohjaksi, mutta toisaalta käyttöjärjestelmän päivittäminen tai vaihtaminen uuteen on yritykselle kallis ja aikaa vievä investointi.

Toinen merkittävä päätös heti karkeasuunnittelun alkumetreillä on se, että mitä suunnitellaan. On siis päätettävä millä perusteella suunnitelma jaetaan: tuoteperheittäin, asiakkaittain, valmistusstrategioittain vai muilla perustein. Ainakin varastoitavat tuotteet ja tilauksesta valmistettavat tuotteet kannattaa suunnitella erikseen, koska varastoitavien kohdalla seurataan varastotasoja, kun taas valmistettavien kohdalla seurataan tuotannon tilannetta.

Tilausohjautuvien tuotteiden suunnittelussa voisi mielestäni hyödyntää materiaalin mukaan ATO-tuotantoon tarkoitettua suunnittelurakennekonseptia. Tällöin myyntiennusteet voitaisiin asiakkaittain kääntää prosenttiosuuksien mukaisesti kapasiteettitarpeeksi kullekin työvaiheelle. Tämä tarkoittaisi sitä, että pitäisi analysoida kunkin asiakkaan tuotteiden valmistukseen tarvittavien työvaiheiden prosenttiosuudet valmistuksesta, eli montako prosenttia kutakin työvaihetta kyseisen asiakkaan tuotteiden valmistaminen keskimäärin kuormittaa. Tällöin euro-määräiset ennusteet pystyttäisiin kääntämään kohdennetuksi kuormaksi työvaiheittain.

Lähes kaikissa materiaaleissa karkeasuunnitelman aikajaksot olivat mielestäni todella pitkiä. Nykyään enää harvalla toimialalla on oikeasti varaa pitää kuukausien mittaisia toimitusaikoja, varsinkaan jos alalla on tiukka kilpailutilanne. Jos mietitään vaikka elektroniikkateollisuuden sopimusvalmistajien toimitusaikoja, on kaksi viikkoa nykypäivänä pitkä toimitusaika ja yleensä toimitusajoista puhutaankin päivissä, ei viikoissa, saati sitten kuukausissa.

Käytännössä karkeasuunnitelman jäädytetty aikaikkuna voisi siis tarkoittaa lyhimmillään vain yhden tai kahden päivän mittaista ajanjaksoa. Toisaalta tällainen lyhytkin jäädytetty aikaikkuna suunnitteluun toisi varmasti merkittävän helpotuksen sekä tuotannonsuunnitteluun että valmistukseen. Ilman jäädytettyä aikaikkunaa tuotanto voidaan sekoittaa monistellen yhden päivän aikana, kun koneille kiilataan työjonojen kärkeen ns. kiireellisiä töitä. Toki akuutit tilanteet voi-

daan hoitaa jatkossakin nopeasti, tuotannon kanssa yhteistyössä, mutta tilanteet, joissa toimitusaika on systemaattisesti lyhyt tuotteen läpimenoaikaan nähden, pitäisi hoitaa jollakin toisella tavalla kuin kiilaamalla tuotteet tuotannon työjonoihin.

Toinen karkeasuunnitelmissa käytettävistä aikaikkunoista oli suunnitteluajakaikkuna eli aika jäädytetystä laskettuun kumulatiiviseen toimitusaikaan. Kumulatiivisen toimitusajan käyttämisen ajattelin ensin koskevan vain kokoonpanon suunnitelmia, mutta aikani asiaa pohdittuani ymmärsin, että sen käyttäminen on järkevää myös mekaniikan valmistuksen suunnitelmissa. Vaikka yrityksessä olisi raaka-aineet pääsääntöisesti varastoitavia, niin suunnitelman pohjana kannattaa silti käyttää valmistusaikaa, joka sisältää myös raaka-aineen hankinnan vaatiman ajan. Tällä aikarajalla on kuitenkin tarkoitus määrittää tuotteet, joiden valmistus suunnitellaan, joten rajan ulkopuolelle jäävien tuotteiden toimitusajan tulee olla sellainen, että ne ehdittäisiin valmistamaan, vaikka materiaali jouduttaisiin tilamaan erikseen kyseistä tilausta varten.

Ilmetystä herätti myös karkeasuunnitelmien soveltaminen tuotantoon, jossa tuotevolyymi on suuri, koska materiaaleissa kaikki mallit karkeasuunnitelmista olivat hyvin yksinkertaisia, enimillään muutaman tuotteen sisältäviä suunnitelmia. Miten samanlainen suunnitelma saataisiin siis aikaiseksi esim. tuotannossa, jossa valmistetaan satoja tuotteita viikossa? Tähän apua tuo tietysti suunnitelmien jakaminen aikaisemmin esitettyjen perusteiden mukaisesti, mutta silti suunnitelmat ovat huomattavasti massiivisempia kuin esitetyt mallit.

Jos karkeasuunnitelmalla on tarkoitus kuvastaa työvaiheiden kuormitusta, niin suunnitelma kannattaisi kohdentaa nimenomaan pullonkaulatuantovaiheisiin, mutta ei mitakaan vaiheita kannata jättää suunnitelmien ulkopuolelle. Jos muut työvaiheet jätetään suunnitelman ulkopuolelle, miten niiden kuormitusta pystyttäisiin ennakoimaan tai seuraamaan? Muissakin kuin ns. pullonkaulatyyövaiheissa voi tulla tarvepiikkejä, joten seuranta on tarpeen niidenkin osalta.

Varastoitavien tuotteiden kohdalla materiaalien mukaan kannattaa käyttää varastotasojen seuranta karkeasuunnitelmien pohjana. Tämä onkin järkevää, jotta suunnitelmasta nähdään suoraan varaston tilanne ja näin pystytään parantamaan asiakaspalvelua. Varastoitaville tuotteille olen nähnyt käytettävän erilaisia seurantataulukoita, mutta suurin osa niistä on keskittynyt nimenomaan seuraamaan varaston sen hetkistä tilannetta, eli käytännössä sitä, onko saldoa riittävästi vai ei kyseisellä hetkellä. Nämä taulukot sisältävät yleensä vain sen hetken varas-

tosaldot ja avoimen käytön. Edistyneimmät mallit sisältävät lisäksi tulossa olevien kokonaismäärän sekä ennustetun käytön, mutta valtaosa niistäkin on keskittynyt varaston nykytilanteeseen, ei varaston ennustettuun tilanteeseen.

Suurin ongelma karkeasuunnittelussa on mielestäni yleensä suunnitelmien päivittämisessä. Jos suunnitelmasta on jääty jälkeen, tulee suunnitelma päivittää, eikä vain rullata eteenpäin ja yrittää samalla kiriä jälkeen jäänyttä osuutta. Yleisin keino suunnitelman kirimiseksi näyttää olevan toimitusaikasiirrot, mutta tämä ei ole suunnitelman päivittämistä. Jos suunnitelma päivitetään heti, kun siitä ruvetaan jäämään jälkeen, ei toimitusaikoja välttämättä jouduta siirtämään lainkaan tai siirrot koskevat vain muutamaa tilausta, mutta tällöin alkuperäisen suunnitelman olisi pitänyt olla realistinen.

Jos karkeasuunnitelma on reilusti ylikuormitettu ja siitä jälkeen jäätäessä tilannetta yritetään vielä korjata toimitusaikasiirroilla, asiakkaat tulevat varmasti hermostumaan. Tällöin joudutaan päivästä tai viikosta toiseen jatkuvasti siirtämään uusia tilauksia eteenpäin, koska tuotannossa ei yksinkertaisesti ole riittävästi kapasiteettia sekä jättämien että tulevien tarpeiden täyttämiseen.

Yhteenvetona koko aiheesta sanoisin, että aihe oli mielenkiintoinen ja selventävä, mutta samalla heräsi monta kysymystä teorian siirtämisestä käytäntöön. Valmiiksi pureskeltua vastausta materiaalista ei hyvästä karkeasuunnitelmasta löytynyt, mutta todella paljon vinkkejä siitä, miten sellaista kannattaisi lähteä rakentamaan. Lopulliset ratkaisut ovat sitten aina yrityskohtaisia valintoja, eli mikä ratkaisu mihinkin yritykseen ja tuotantoon parhaiten sopii.

## LÄHTEET

- Chapman, S. N. 2006. The fundamentals of production planning and control. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Haverila, M. Uusi-Rauva, E. Kouri, I. & Miettinen, A. 2005. Teollisuustalous. 5. painos. Tampere: Infacs Oy.
- Martinsuo, M. Mäkinen, S. Suomala, P. & Lyly-Yrjänäinen, J. 2016. Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa. 1. painos. Helsinki: Edita Publishing Oy.
- Mellander, K. 1976. Tuotannonsuunnittelu. Tampere: Tietomies.
- Modig, M. & Åhlström, P. 2016. Tätä on LEAN, ratkaisu tehokkuusparadoksiin. 5. painos. Tuusula: Rheologica publishing.
- Vollmann, T. Berry, W. Whybark, D. & Jacobs F. 2005. Manufacturing Planning & Control Systems for Supply Chain Management. 5. Painos. New York: McGraw-Hill.